

## 【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-123  
補助事業名 平成26年度 せん断型摩擦攪拌点接合ツール機構解明補助事業  
補助事業者名 近畿大学工学部機械工学科 加工工学研究室 准教授 生田 明彦

### 1 研究の概要

摩擦攪拌点接合用に切削工具の知見を導入した新提案の接合ツールを用いた場合、これらの接合ツールによる塑性流動挙動を定量的に明らかにすることにより、優れた接合特性を示す際の接合機構の解明する。

### 2 研究の目的と背景

摩擦攪拌点接合は従来の溶融溶接法とは異なり、接合ツールを用いて材料を塑性流動させて攪拌し、一体化させる接合法である。そのため、この接合には、用いる接合ツールが重要であり、とりわけ、塑性流動の挙動に直結する接合ツールの形状に継手性能は大きく依存する。

従来から、円柱型のプローブと呼ばれる突起部を有する接合ツールが用いられているが、プローブ形状を三角柱型とした接合ツールが注目されてきている。さらに、申請者は、三角柱型接合ツールを切削工具の知見を導入して発展させ、接合材料のせん断変形を容易にすることにより、塑性流動を促進すると考えられる接合ツールを提案している。

この新提案の接合ツールを用いて接合された継手の優れた機械的性質は、現在、明らかになりつつあるが、接合材料のせん断変形を容易にすることがどのような塑性流動を促進し、またその塑性流動がどのように継手の機械的性質向上に寄与しているか、その詳細は明らかとなっていない。そこで本研究は、摩擦攪拌点接合にこの新提案接合ツールを用い、これまでに確立した異種材料を用いた塑性流動観察手法を用いたモデル接合試験を実施し、そのプローブ部自体が有する特徴的な塑性流動性を定量的に明らかにすることを目的とする。また、塑性流動挙動の面から、従来型接合ツールとの差異を明確化することによって、新たな接合ツール設計指針を得る。

### 3 研究内容

せん断型摩擦攪拌点接合ツール機構解明に関する研究

([http://www.geocities.jp/kindai\\_kakouken/abstract.html](http://www.geocities.jp/kindai_kakouken/abstract.html))

摩擦攪拌点接合用に、切削工具の知見を取り入れ、接合材料を効率的にせん断変形させることによって攪拌領域を形成することができると予想される、新たに提案されたツールを使用したモデル実験を行った。その際、通常のショルダ部を持つツールお

よびプローブ部のみのツールを用いることによって、このツールの特徴であるプローブ形状自体が有する攪拌特性の詳細を明らかにした。本研究の結果、通常のショルダ部を持つツールを用いたモデル実験の場合、接合部における攪拌領域および変形領域には明確な境界が観察され、これらを定量化した結果、高回転域では別として、ツール回転速度が増加すると変形領域も大きくなる傾向を示した。継手のせん断強さとの関連を考えた場合、いずれの接合ツールの場合も低ツール回転速度で高い強度を示したことから、これら接合ツールの特徴として、攪拌領域は大きく、変形領域が小さい場合に高い強度を示す可能性が示唆された。一方、プローブ部のみのツールを用いたモデル実験の場合、キーホール周りの変形領域が定量化の結果、ツール回転速度に関わりなく極端に小さくなることが明らかとなった。これらのことから、これら接合ツールの攪拌特性は、当初の設計思想通り、接合材料をせん断変形させることによって切りくず詰まりのような状況を作りだし、これによって攪拌領域を生成する特徴を有していることが明らかとなった。さらに、接合材料の塑性流動の可視化実験により、これらのツールは一般的なツールを用いた場合と異なり、斜め上方へ接合材料を排出するかなのような塑性流動状態となっていることが明らかとなった。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか一展望

近年、摩擦攪拌接合の適用範囲は拡大しており、これまで使用されていなかった難溶接材への適用も検討されるようになってきている。本研究で提案した接合ツールは点接合用に提案したものであるが、現在、点接合が多く用いられている自動車製造での点接合の代替技術としてはもちろん、自動車製造でも鋼板への適用、線接合への適用など、より広範な利用が進むものと思われる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者は従来から材料加工に関する研究に一貫して取り組んでおり、その中でも近年は摩擦攪拌接合技術とりわけ接合ツールを中心とした研究テーマに取り組んでいる。これらの一貫した研究内容に関して、摩擦攪拌接合技術確立のための基礎的なデータを蓄積することに主眼が置かれていたが、これまでの知見を活かして接合ツールに対して一つの提案を行っており、今後の発展に転機を与える内容であると考えられる。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

溶接学会全国大会講演概要集, 第96集, pp. 64-65

217

切削工具を考慮した摩擦溶接点接合ツールの特性

近畿大学 〇生田 明彦  
トヨタ大学 Thomas H. North

Characteristics of Friction Stir Spot Welding Tools in Consideration of Cutting Tools  
by SHUTA Akihiko and NORTH H. Thomas  
キーワード: 摩擦溶接点接合 ツール 切削工具  
Keyword: Friction stir spot welding Tool Cutting tool

1. 緒言  
グループ間に切削工具の取組を取り入れ、溶接材料をせん断的に変形させることによって溶接させると考えられる摩擦溶接点接合ツールの開発がされている<sup>1)</sup>。しかしながら、この溶接ツールの特性についてはほとんど明らかになっていない。そこで、本研究では、グループ間に有する溶接材料をせん断的に変形させる能力を検討するため、これらの溶接ツールを用いて真鍮材料による突き合わせ溶接を摩擦溶接点接合により行なった。得られた溶接の断面における断面形状の観察結果から、溶接および変形領域を求めることにより、溶接ツールの特性および溶接の機械的性質との関係について調査を行った。

2. 供試材料および実験方法  
溶接材料はアルミニウム合金として、A5052H14 (以下、A5052) および A6061-T6051 (以下、A6061) を用いた。材料の寸法はすべて長さ 75mm、幅 25mm、表面 3mm である。溶接条件は、ツール回転速度を 1000、1500、2000 および 3000rpm と定めて、Phasing 速度 2.5mm/s、Depth 時間 (Phasing 後の位置保持時間) は 0.1 および 0.2 シェルダ秒 (Phasing 速度を 6.4mm/s とした。溶接方法は溶接部の特性を明確にするため、突き合わせ溶接を作成した。この際、溶接部は A5052 と A6061 の突き合わせ溶接の中心とした。溶接ツールは Fig. 3 に示す平頭型、側面型および 32° 型を用いた。得られた溶接は断面形状を観察し、A5052 側と A6061 側両側の溶接および変形領域の観察を行った。また、組織観察結果は画像解析ソフトを用いて溶接および変形領域の定量化を行った。

3. 実験結果および考察  
Fig. 2 は、突き合わせ溶接を用いて作成した突き合わせ溶接断面における溶接状態を観察した結果の一例である。溶接ツールの回転方向の観察から、各観察結果の右側には反時計回りのように明確な溶接および変形領域の境界が見られた。溶接領域は溶接ツールでツール回転速度に依存する異なる長さのもの、観察結果で、回転速度で反時計回りに観察されるように、回転速度はグループ間の中央部で最も顕著な結果を示した。Fig. 3 は、Fig. 2 における溶接領域の測定結果を示したものである。結果より、同じツール回転速度においては側面型、BM、DM、SM ツールを用いた場合に溶接領域が大きくなった。これは、溶接材料がグループ間の断面変形時に溶接領域を拡大させると考えられる。

ため、拡大率が大きい溶接ツールの溶接領域が相対的に小さくなったと思われる。これらは、本研究に使用した溶接ツールの異なる三角型グループ間において、ツールの回転方向と向きと関係で異なると考えられる。Fig. 4 は、Fig. 2 における変形領域の測定結果を示したものである。このとき、変形領域の観察が Fig. 2 に示した観察結果の右側を測定対象とした。結果より、いずれの溶接ツールにおいても、ツール回転速度 3000rpm は別に、ツール回転速度が増加すると変形領域も大きくなる傾向を示した。また、同じ回転速度でも側面型と平頭型との間で、側面型ツールの場合は側面型ツールの回転速度が高い場合を示したことから、これら溶接ツールの特性として、溶接領域は大きく、変形領域が小さい場合に高い強度を示す可能性がある。これは、これらの溶接ツールの材料を切削するように変形させ、溶接することを示していると考えられる。

謝辞  
本研究は数値制御機(26-12)を受けて実施しました。

参考文献  
1) 生田, 溶接学会全国大会講演概要集, 第 96 集(2016), pp. 64-65  
2) 生田, 溶接学会全国大会講演概要集, 第 94 集(2014), pp. 64-65

Fig. 1 Different tool design.

Fig. 2 Profiles of A5052/A6061 butt joints made using (a) Three-flute, (b) BM, (c) DM, and (d) DM tool with tool rotational speed of 1000 rpm.

Fig. 3 Relation between area of the zone and tool rotational speed in A5052/A6061 butt joints.

Fig. 4 Relation between deformation region and tool rotational speed in A5052/A6061 butt joints.

## 7 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

該当なし

### (2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 近畿大学工学部加工工学研究室

(キンキダイガクコウガクブカコウコウガクケンキュウシツ)

住所: 〒739-2116

広島県東広島市高屋うめの辺1番

申請者: 准教授 生田 明彦 (イクタ アキヒコ)

担当部署: 機械工学科 (キカイコウガク)

E-mail: [aikuta@hiro.kindai.ac.jp](mailto:aikuta@hiro.kindai.ac.jp)

URL: [http://www.geocities.jp/kindai\\_kakouken/](http://www.geocities.jp/kindai_kakouken/)